



**HÉLDER RICARDO  
DOMINGUES  
GONÇALVES**

**GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA  
INDÚSTRIA 4.0**

Relatório de Dissertação do Mestrado em  
Engenharia de Produção

**ORIENTADOR**

Doutor Filipe José Didelet Pereira

Dezembro de 2020

HÉLDER RICARDO  
DOMINGUES  
GONÇALVES

**GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA  
INDÚSTRIA 4.0**

**JÚRI**

*Presidente:* Doutor José Filipe Castanheira Pereira  
Antunes Simões, ESTSetúbal/IPS

*Orientador:* Doutor Filipe José Didelet Pereira,  
ESTSetúbal/IPS

*Vogal:* Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia,  
ESTSetúbal/IPS

Dezembro de 2020



# Resumo

Este projeto demonstra diversas soluções aplicadas à indústria no que se refere à Gestão da Manutenção na Indústria 4.0. Com a evolução das tecnologias aplicadas aos processos produtivos nas diversas indústrias, existe uma forte necessidade de se adaptar a gestão da manutenção a estes novos equipamentos imergentes. Neste sentido, este projeto revela o estado da arte referente a este tema cada vez mais atual aplicado às organizações. Assim, é ainda revelado qual a importância de a gestão da manutenção estar alinhada com a estratégia organizacional, uma vez que a manutenção acrescenta um custo, mas é essencial para a operacionalidade e disponibilidades dos equipamentos para que a organização seja mais competitiva. Um exemplo deste alinhamento pode ser feito pelos indicadores de desempenho, onde os objetivos a alcançar fará parte da estratégia da organização onde esta se insere. Ainda neste trabalho, para além de discriminar os tipos de manutenção, são demonstrados também alguns conceitos do que é a Indústria 4.0, gestão de ativos, *smart factory* entre outros fatores importantes para adaptar a gestão da manutenção às novas realidades tornando-a mais eficiente. São ainda simulados dois cenários onde são propostas as linhas orientadoras para a implementação de boas práticas na gestão da manutenção na Indústria 4.0. No final, são apresentadas as considerações finais bem como sugestões de pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** Gestão, Manutenção, Alinhamento estratégico, Equipamentos.

# Abstract

This project shows several industrial solutions, concerning the Maintenance Management that regards 4.0 industry. With the evolution of the technology, applied to the production processes on the various industrial fields, there is a strong need to adapt the maintenance management to the incoming equipments. Bearing this in mind, this project shows the state of the art regarding this matter, which becomes more and more applied to the organizations. Therefore, we reveal the importance of the maintenance management alignment with the organizational strategy, since maintenance adds a cost, but is essential for the correct operation and availability of the equipments in order to add higher market competitiveness. An example of this alignment can be shown through performance indicators, where the objectives to achieve are part of the organizational strategy where it is included. Still in this work and besides discriminating the types of maintenance, we also demonstrate a few concepts of what is Industry 4.0, asset management, smart factory, among other important factors that help maintenance management adapt new realities and achieve a higher efficiency level. Two scenarios are also simulated where guidelines for the implementation of good practices in maintenance management in Industry 4.0 will be proposed. By the end, presentations are shown along with final thoughts and suggestions for future researches.

**Keywords:** management, maintenance, strategical alignment, equipments.

# Índice

Resumo.....	I
Abstract .....	II
Índice.....	III
Lista de Figuras.....	V
Lista de Siglas e Acrónimos .....	VI
Capítulo 1 .....	1
Introdução ao Projeto .....	1
1.1. Motivação.....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Estrutura do Relatório.....	2
Capítulo 2.....	4
Princípios Gerais.....	4
2.1. Estado da Arte .....	5
2.2. Importância da Gestão da Manutenção.....	8
Capítulo 3.....	9
Metodologias de Manutenção .....	9
3.1. Tipos de Manutenção.....	10
3.1.1. <i>Manutenção Preventiva</i> .....	10
3.1.2. <i>Manutenção Corretiva</i> .....	11
3.1.3. <i>Manutenção Preditiva</i> .....	12
3.2. Implementação do Tipo de Manutenção .....	13
Capítulo 4.....	14
Indústria 4.0.....	14
4.1. Definições .....	15
4.2. Sistemas de Informação .....	15
4.3. Indicadores Chave de Desempenho .....	17
4.4. Internet das Coisas .....	18
4.5. <i>Proteção de Dados</i> .....	19
4.6. <i>Software de Apoio à Gestão</i> .....	19
4.6.1. <i>Conceitos</i> .....	19
4.6.2. <i>Softwares de Gestão na Manutenção</i> .....	20
4.6.3. <i>Outras Soluções na Manutenção</i> .....	21

<b>Capítulo 5.....</b>	<b>23</b>
<b>Gestão de Ativos .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1. Gestão de Ativos .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2. Gestão de Ativos na Manutenção 4.0 .....</b>	<b>25</b>
<b>Capítulo 6.....</b>	<b>29</b>
<b>Fábrica Inteligente .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1. Conceito .....</b>	<b>30</b>
<b>6.2. Caracterização de uma Organização para Criação de Cenários de Implementação de Manutenção 4.0 .....</b>	<b>31</b>
<b>6.3. Cenário 1 – Simulação de Implementação da Gestão da Manutenção da Indústria 4.0 com uma Equipa da Organização.....</b>	<b>32</b>
<b>6.4. Cenário 2 – Simulação de Implementação da Gestão da Manutenção da Indústria 4.0 com a Subcontratação de uma Equipa de Manutenção .....</b>	<b>34</b>
<b>Capítulo 7 .....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusões e Trabalhos Futuros.....</b>	<b>36</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>38</b>

# Lista de Figuras

Figura 2.1 - Custos de Manutenção preventiva (segundo Castro [7]) .....	6
Figura 2.2 - Curva da Banheira (segundo Fernando Soares [8]).....	7
Figura 3.1 - Diagrama dos Tipos de Manutenção (adaptada de Fernando Soares [8]).....	10
Figura 3.2 – Eficiência dos equipamentos VS Tipos de manutenção (segundo Baldissarelli e Fabro [2]).....	13
Figura 5.1 - Planeamento e Preparação da Manutenção (Segundo Lúcio Ferreira [20]) .....	25
Figura 5.2 - Ciclo de Vida de Um Ativo (Segundo Coutinho [28]).....	26



# Lista de Siglas e Acrónimos

CPS	Sistemas Ciber Físicos
IoT	Internet das Coisas
KPI	Indicadores Chave de Desempenho
OT	Ordens de Trabalho
PME	Pequena e Média Empresa
SI	Sistemas de Informação
WIP	Trabalho em Processamento

# Capítulo 1

## Introdução ao Projeto

Neste capítulo é explicado o motivo da escolha do tema “Gestão da manutenção na indústria 4.0” através de um enquadramento no contexto atual das organizações. Seguidamente, demonstraremos os objetivos a alcançar bem como a estrutura deste projeto.

## **1.1. Motivação**

Esta investigação tem por base a gestão da manutenção na indústria 4.0.

Uma vez que a evolução da tecnologia nos últimos anos tem tido um crescimento exponencial na implementação de novos processos, também a gestão da manutenção dessas tecnologias deve acompanhar esse crescimento e adaptar-se à nova realidade.

São muitas vezes as grandes organizações internacionais, que por sua vez têm maior disponibilidade financeira, que procuram métodos mais vantajosos para a competitividade nos diversos mercados. A procura de linhas de produção automáticas e robotizadas tem tido muita procura, porém, a manutenção é um fator crucial desde a fase de implementação como nas manutenções preventivas e corretivas.

## **1.2. Objetivos**

Os objetivos deste projeto é apresentar a importância da gestão da manutenção na indústria 4.0.

Consequentemente, iremos apresentar diversos autores que mostram a aplicação prática na evolução nos últimos anos neste campo, bem como o exemplo de como algumas empresas se adaptaram a esta nova revolução industrial.

## **1.3. Estrutura do Relatório**

Como estrutura, este projeto está dividido em capítulos e subcapítulos inumerados.

Cada um dos seis capítulos começa por uma breve introdução que se refere ao próprio capítulo, seguido dos subcapítulos inerentes ao tema abordado.

Todo o projeto será referenciado segundo artigos científicos, teses de mestrado recentes e inclui normas europeias.

No segundo capítulo contextualizamos o tema e demonstramos a importância da manutenção nas organizações.

No terceiro capítulo sintetiza a informação relativamente à manutenção. Os tipos de manutenção existentes nas organizações são aqui retratados, bem como as diferenças entre cada tipo de manutenção.

Diversos aspetos têm evoluído na indústria até ao estado atual. Assim, é no quarto capítulo que são demonstrados conceitos e definições chave que estão integradas na Indústria 4.0.

Já no quinto capítulo, o tema abordado é a gestão de ativos, que faz a ponte entre a gestão da organização dos diversos departamentos e é fundamental para a boa gestão da manutenção.

No sexto capítulo é referido o conceito de uma *Smart Factory* e é caracterizada uma organização onde simulamos a implementação de uma gestão da manutenção num contexto real.

# Capítulo 2

## Princípios Gerais

No capítulo 2 iremos apresentar o Estado da Arte relativamente ao tema abordado. Neste sentido, iremos demonstrar a importância da manutenção na indústria 4.0 bem como esta deve estar alinhada à gestão estratégica da organização onde se insere. Serão indicados fatores determinantes para que este alinhamento, bem como a razão da gestão da manutenção deve acompanhar a evolução das tecnologias.

## 2.1. Estado da Arte

Nos últimos anos, com a evolução das tecnologias, a automação e robótica têm sido amplamente implementadas na indústria. Estas oferecem diversas vantagens e pode ser considerada uma estratégia organizacional. A esta nova era industrial chamamos de Indústria 4.0.

Segundo Leandro Santos, Diego Pacheco [1], os objetivos da manutenção industrial devem estar alinhados aos objetivos globais da empresa já que a manutenção afeta a rentabilidade do processo produtivo por via tanto da sua influência no volume e na qualidade da produção como do seu custo: por um lado, melhora o desempenho e a disponibilidade do equipamento, por outro, acresce aos custos de funcionamento. O segredo está em encontrar o ponto de equilíbrio entre benefício e custo que maximize o contributo positivo da manutenção para a rentabilidade geral da empresa.

Como referido por Luciano Baldissarelli e Elton Fabro [2], é de elevada importância a disponibilidade dos equipamentos relacionado com o processo produtivo para que a organização onde esta se encontra inserida seja competitiva. Esta disponibilidade está diretamente relacionada com a manutenção. Neste sentido, a manutenção tem um papel importante pois tem como objetivo devolver as condições originais dos equipamentos ou, pelo menos, colocar em condições necessárias à operação.

A manutenção preventiva é uma estratégia organizacional onde a consciencialização desta assume diversas vantagens já amplamente identificadas, tais como: eliminação de desperdício de peças, diminuição de stocks associados, fiabilidade, aumento da eficiência das reparações, diminuição da gravidade dos problemas, custos da manutenção menores, aumento da produtividade e segurança da manutenção.

Segundo o caso de estudo de Cícero Duarte, Flávio Moura Júnior, Felix Sousa Júnior, José Sacomano [3], a gestão da manutenção tem de acompanhar as tecnologias imergentes uma vez que estas devem ter procedimentos diferentes tanto na operação como na manutenção dos equipamentos, comparativamente aos equipamentos mais antigos. Os novos equipamentos devem ser utilizados por pessoas qualificadas e acompanhadas por manuais técnicos onde é necessária uma formação de forma a capacitar os técnicos para as devidas manutenções. É também referido que o investimento e a gestão de manutenção devem ser adequados a cada organização de forma a esta se torne mais efetiva e potencie o máximo desempenho dos processos produtivos, que por sua vez irão tornar a organização mais competitiva, pois esta depende da disponibilidade dos seus equipamentos.

Como referido anteriormente, as manutenções devem ser descritas segundo um manual técnico de cada equipamento. Este deve descrever os passos que devem ser respeitados para a reparação ou substituição de um determinado componente com defeito. Contudo, muitas vezes estes manuais não existem ou referem-se a uma reparação isolada, onde não têm em conta a disposição, *layout* ou norma a respeitar por cada organização. Neste sentido, é

importante referir que tais manuais devem ser adaptados à realidade de cada organização. Neste sentido, em Alex Luis de Carvalho e Nilton Luiz Menegon [4] são reveladas a discrepância entre os procedimentos de manutenções e a manutenção no contexto onde o equipamento se insere. A realidade onde o equipamento se insere tem, muitas vezes, de ser adaptados e, por esta razão, o manual de manutenção não deve ser descrito de forma geral mas segundo o contexto de cada organização.

Segundo Flávio André Almeida Inocêncio [5], num estudo de caso na Renault Cacia S.A., foi desenvolvida uma ferramenta de monitorização de equipamentos que fornece aos operadores e responsáveis de manutenção informações sobre o estado dos equipamentos. Esta ferramenta tem por base algoritmos de previsão de falhas, de fácil interpretação, onde se assumiria uma manutenção preventiva e tinha o objetivo de uma melhor previsão de falhas, evitar paragens em tempo de produção e a criação de histórico de avarias e reparações.

Neste sentido, a obtenção de KPIs é uma forma essencial para o alinhamento entre a manutenção e a gestão estratégica da organização, como mostra Monica Saramando Ré [6]. É através dos KPI que se obtém os objetivos ao qual a organização pretende alcançar, tendo a manutenção um papel crucial para esses resultados. A eficiência dos equipamentos, o tempo disponível operacional, entre outros, são de extrema importância para qualquer organização onde só pode ser competitiva monitorizando e criando objetivos para cada indicador de desempenho. Por sua vez, a recolha de dados deve ser objetiva e criada para determinar o que se quer medir e, seguidamente, criar um objectivo que vá ao encontro com a estratégia da empresa.

Visto a manutenção preventiva ser uma decisão estratégica da organização, como mostra Mário João Maia de Sampaio e Castro [7], a manutenção tem sempre custos associados. Neste âmbito, conforme apresentado na Figura 2.1 – Custos de Manutenção Preventiva, é importante encontrar o “ponto ótimo” entre os custos da manutenção preventiva e os custos da manutenção corretiva, onde esta última ocorre perante avarias no tempo de produção.

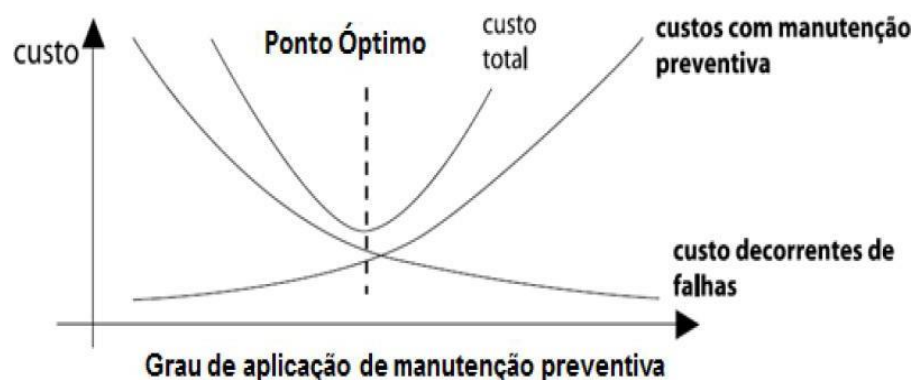


Figura 2.1 - Custos de Manutenção Preventiva (segundo Mário João Maia de Sampaio e Castro [7])

Podemos ainda assumir que existem diversos modelos no que se refere aos modos de degradação dos equipamentos ao longo da vida útil. No modelo apresentado pela figura 2.2 segundo Fernando da Silva Soares [8], essa degradação vai influenciar a evolução da taxa de avarias ao longo do tempo e é representada pela “curva da banheira”. Este modelo mostra que a taxa de avarias na fase de implementação do equipamento é elevada. Contudo, o decréscimo dessa taxa é resultado da instalação, rodagem e ajustes até à 2ª fase, onde denominamos fase da maturidade do equipamento.

Nesta fase, a taxa de avarias mantém-se constante e segue um padrão ao longo do tempo. Porém, numa última fase, a degradação por fadiga, corrosão, desgaste, entre outros, tende a ter um crescimento elevado da taxa de avarias.

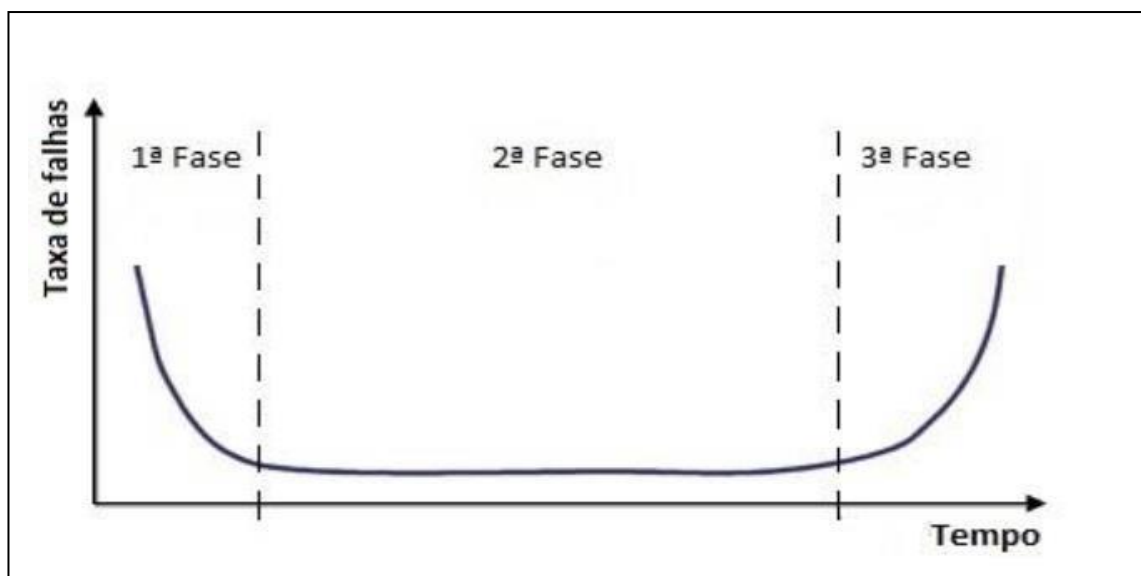


Figura 2.2 - Curva da Banheira (segundo Fernando da Silva Soares [8])



## **2.2. Importância da Gestão da Manutenção**

Conforme visto do ponto anterior, a manutenção tem um papel fulcral no desempenho da organização uma vez que esta interfere diretamente com a disponibilidade operacional dos equipamentos, eficiência dos processos bem como da qualidade do produto final.

A metodologias da manutenção podem variar consoante o tipo de produção, tipo de produtos, tipo de equipamentos, entre outros. Desta forma, cada organização deve avaliar quais as melhores metodologias de manutenção a adotar para que esta se torne mais competitiva, ou seja, tenha o melhor desempenho. Por exemplo, segundo Luciano Baldissarelli e Elton Fabro [2], numa organização onde a taxa operacional dos equipamentos é elevada, cabe à manutenção fazer cumprir com os objetivos através da disponibilidade dos equipamentos em tempos de produção. Para isso, a manutenção deve preocupar-se em prever avarias de forma a planear intervenções e maximizar o tempo operacional sem comprometer a qualidade do produto.

Conhecer as metodologias da manutenção traduz na maior competitividade da organização onde está inserida. Os manuais dos equipamentos, a formação das equipas de manutenção e a adaptação às novas tecnologias são meios que maximizam a rentabilidade da empresa. No entanto, para a gestão de topo a manutenção é muitas vezes vista como um custo necessário.

Uma forma de alinhar a gestão da manutenção com a estratégia da gestão de topo é através dos indicadores chave de desempenho. Estes podem monitorizar o desempenho dos equipamentos e reagir de uma forma mais eficaz, de acordo com Monica Saramando Ré [6].

Em suma, a gestão da manutenção deve tentar procurar o ponto ótimo entre a manutenção e o retorno do investimento na manutenção, segundo Mário João Maia de Sampaio e Castro [7].

# Capítulo 3

## Metodologias de Manutenção

Neste capítulo iremos catalogar os diversos tipos de manutenções, segundo normas europeias, separando-as em dois tipos principais – manutenção preventiva e manutenção corretiva. Também iremos discriminar os tipos de avaria que os equipamentos estão sujeitos.

### 3.1. Tipos de Manutenção

De acordo com a norma EN 13306 (2001) [9], a manutenção pode ser distinguida em dois tipos de principais: Preventiva e Corretiva.

No diagrama seguinte, apresentamos os tipos de manutenção segundo Fernando da Silva Soares [8], que divide a manutenção preventiva pela sistemática e condicionada e também distingue dois tipos de manutenção corretiva, sendo estas a curativa e a paliativa.

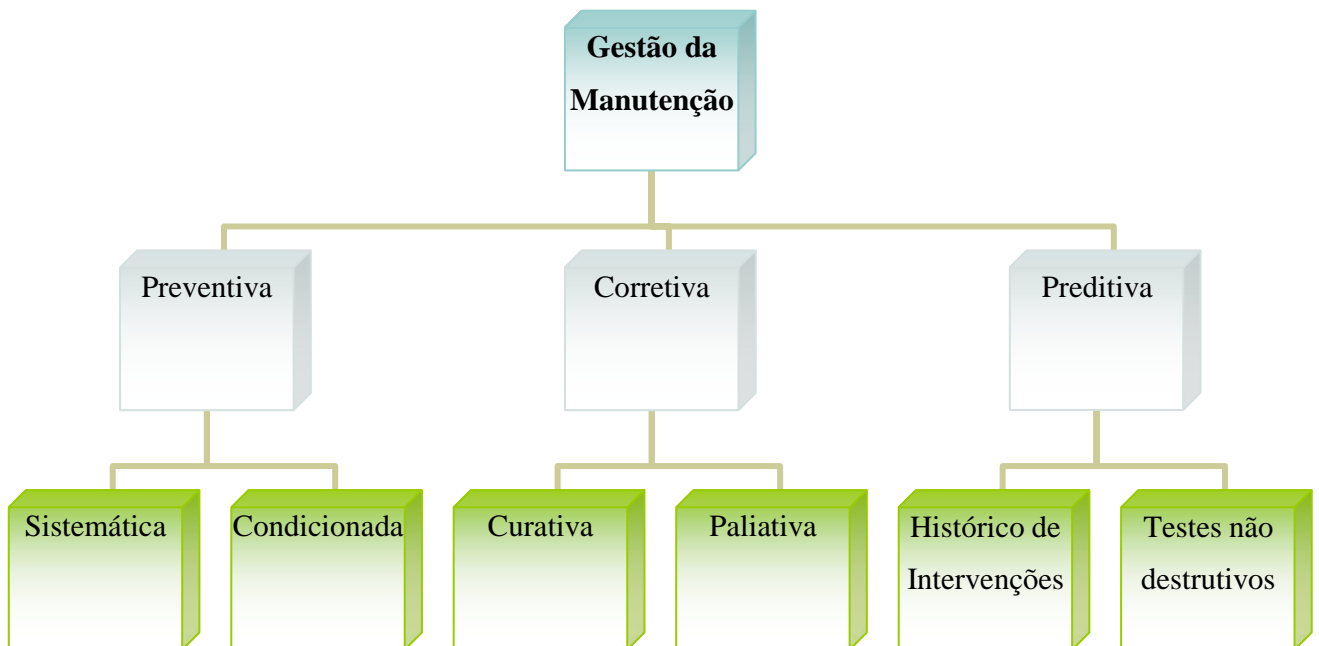


Figura 3.1 - Diagrama dos Tipos de Manutenção (adaptada de Fernando da Silva Soares [8])

A definição de cada manutenção está descrita nos capítulos e subcapítulos seguintes.

#### 3.1.1. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é uma manutenção planeada, que é prevista no tempo de forma a não sobrepor com o tempo de produção e que tem como objetivo diminuir o risco de paragem por avaria.

Esta manutenção é efetuada a intervalos em tempos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento.

A manutenção preventiva não é mais do que a capacidade de se antecipar aos problemas, sendo este o objetivo da política da Gestão da Manutenção.

#### **3.1.1.1. *Manutenção preventiva sistemática***

As intervenções de manutenção preventiva sistemática desencadeiam-se periodicamente, com base no conhecimento da lei de degradação aplicável ao caso do componente particular e de um risco de falha assumido.

Um exemplo típico de tarefas que são efetuadas em regime de manutenção preventiva sistemática é o que respeita às operações de lubrificação. Entre elas contam-se as mudanças de óleo para equipamentos de pequeno e médio porte e as chamadas rotinas de lubrificação.

#### **3.1.1.2. *Manutenção preventiva condicionada***

A manutenção condicionada ocorre procedendo ao controlo de condição dos equipamentos através da medição de parâmetros que o caracterizam de modo a detetar as situações em que se ultrapassam os valores de referência para os parâmetros selecionados, o que significa estar-se perante uma situação de início de avaria. Por outras palavras, executa-se a manutenção só quando esta se torna necessária.

A deteção de anomalias pode ser obtida de várias formas: análises de vibrações, de temperaturas, de contaminantes nos óleos ou, ainda de acordo com a natureza das anomalias, por gamografia, ultrasonografia, líquidos penetrantes ou outras formas de diagnóstico.

### **3.1.2. *Manutenção Corretiva***

A manutenção corretiva é a manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria, e destinada a repor o equipamento num estado que possa realizar uma função requerida.

É, portanto, uma manutenção accidental e como tal, não programada. Podendo ser apresentada de duas formas, a paliativa ou curativa.

#### **3.1.2.1. *Manutenção Corretiva Curativa***

A manutenção curativa é efetuada após uma anomalia num dado componente ou equipamento, com o objetivo de restabelecer as condições que lhe permitam cumprir a sua missão.

Este tipo de manutenção ocorre, então, após uma avaria súbita, ao qual se pode chamar também de avaria catalítica. Assim, assume-se que a manutenção tem de fazer uma intervenção de emergência.

### *3.1.2.2. Manutenção Corretiva Paliativa*

Denomina-se de manutenção paliativa quando as intervenções efetuadas têm como finalidade reparar provisoriamente uma avaria de forma a que o equipamento continue em funcionamento.

Normalmente, este tipo de manutenção é aplicado de forma a que essa manutenção diminua o tempo de reparação, para não ter tanto impacto na produção. Seguidamente é planeada uma manutenção preventiva, que irá corrigir o dano do equipamento.

### *3.1.3. Manutenção Preditiva*

Conforme afirmado por Luciano Baldissarelli e Elton Fabro [2], “manutenção preditiva é conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento”.

São feitos periodicamente testes aos equipamentos com recurso a teste por vibração, ultrassom, inspeção visual ou outras técnicas não destrutivas aos equipamentos. Posteriormente, caso seja previsível uma avaria, é calendarizado a manutenção do mesmo.

No entanto, dados da produção, como a eficiência, volume de produção, tempos de ciclo, entre outros, auxiliam com maior precisão a necessidade da manutenção nos equipamentos.

Para aplicar este tipo de manutenção deve haver registos dos testes realizados para parametrizar os resultados, pois só assim será possível observar a evolução da degradação dos equipamentos conforme a utilização do mesmo.

## 3.2. Implementação do Tipo de Manutenção

Para a implementação do tipo de manutenção numa organização é necessário referir que esta varia consoante o tipo de produção, o tipo de equipamentos e até mesmo o tipo de produtos. Podemos mesmo assumir que o tipo de manutenção que atua numa organização varia não só com a estratégia organizacional, como também das vantagens associadas a cada um dos tipos de manutenção.

Posto isto, é impossível dizer qual o melhor tipo de manutenção que as empresas devem adotar, uma vez que cada tipo de manutenção tem as suas vantagens e desvantagens. No entanto, existe pontos em comum entre elas como, por exemplo, o volume de produção, a disponibilidade de equipamentos, qualidade do produto final, custo de não produção, custos de qualidade, entre outros.

Apesar de a manutenção preditiva ser o tipo de manutenção que parece ter mais vantagens para a disponibilidade dos equipamentos em tempos de produção e implicações na qualidade final, a desvantagem principal é a de um custo acrescido comparando com os outros tipos de manutenção. Por outro lado, ao optar por uma manutenção correctiva, os danos nos equipamentos e produtos podem também ter custos elevados em comparação com a manutenção preventiva. Na Figura 3.2 – Eficiência dos equipamentos VS Tipos de manutenção, podemos observar a Eficiência vs Tempo consoante os tipos de manutenção.

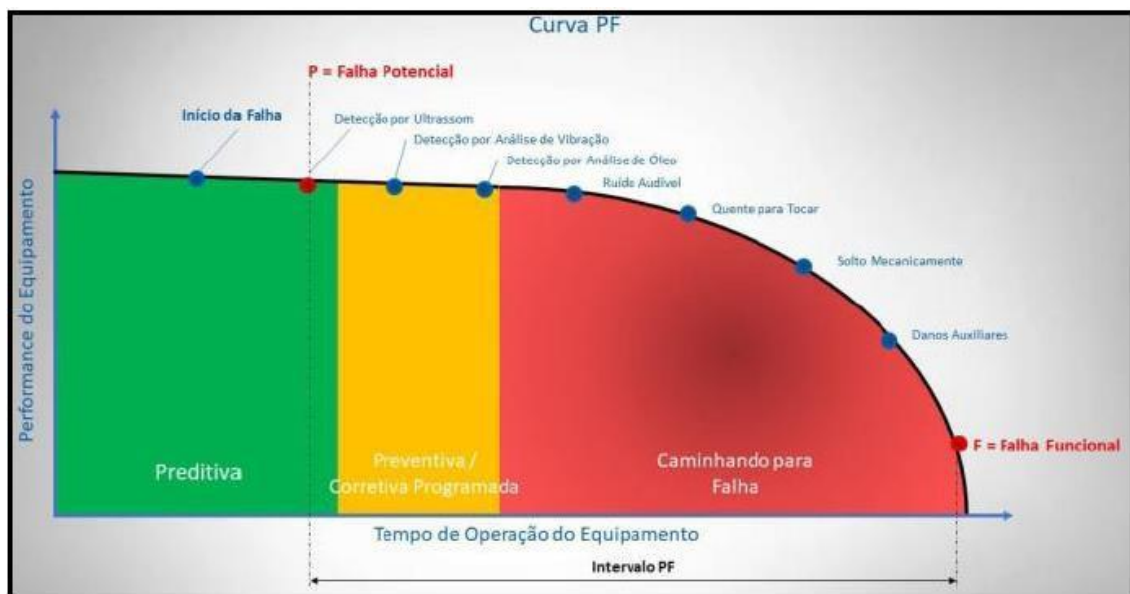


Figura 3.2 – Eficiência dos equipamentos VS Tipos de manutenção (segundo Luciano Baldissarelli e Elton Fabro [2])

# Capítulo 4

## Indústria 4.0

No presente capítulo, iremos apresentar os diversos motivos e definições que tornam esta nova revolução industrial numa nova fase em termos de tecnologias e processos globalmente implementados. Serão revelados também fatores determinantes na implementação desta 4ª revolução industrial.

## 4.1. Definições

O termo Indústria 4.0 foi estabelecido como sendo a quarta revolução industrial. Não existe apenas uma ou duas definições que consigam descrever o que é realmente a Indústria 4.0. De acordo com Jay Lee, Behrad Bagheri e Hung-An Kao [10], podemos dizer que a base da Indústria 4.0 implica que, através da ligação das máquinas, sistemas e processos, as organizações criem linhas inteligentes ao longo da cadeia de valor, sendo que o resultado se reflete na resposta autónoma e automática dos processos produtivos às mudanças que possam ocorrer ao longo dessa cadeia. Na realidade, tal só é possível através da relação entre hardware e software usando Cyber Physical Systems (CPS), Internet de Coisas (IoT), *Big Data* e uma *Cloud*, afirma Daren Chesworth [11].

Com o avanço tecnológico, maior poder de compra e consumismo, as organizações têm-se focado maioritariamente na qualidade, custo e produtividade. No entanto, novas métricas estão a surgir, como por exemplo a eficiência e disponibilidade operacional dos equipamentos, onde não deixam de estar todos relacionados, mas que são uma restrição aos restantes no caso de estes serem baixos Mário João Maia de Sampaio e Castro [7].

O tipo de manutenção a adotar irá depender do tipo de produção e varia consoante as diretrizes da empresa. A escolha do tipo de manutenção está relacionada não só com os custos como com o tempo operacional disponível dos equipamentos.

Algumas organizações adotam uma manutenção híbrida, que relaciona mais do que um tipo de manutenção. Para qualquer tipo de manutenção, esta visa seguir a orientação da organização através dos KPI.

## 4.2. Sistemas de Informação

A revolução tecnológica e a Indústria 4.0 tende para a melhoria continua nos processos produtivos e à eliminação de desperdícios. Diversas estratégias podem ser implementadas, no entanto, o investimento em novas tecnologias tem sido muito adotado entre as diversas indústrias uma vez que permite que os processos comuniquem entre si, sendo mais autónomos ao longo do sistema produtivo, torna-se assim de extrema relevância que as compatibilidades dos tipos de comunicação entre os diversos processos sejam comuns.

Um Sistema de Informação (SI) aplicado a uma organização pode monitorizar todo o fluxo de materiais, registar o volume de produção, verificar a eficiência dos processos e equipamentos, responder a desvios no processo, entre outros dados em tempo real relevantes que facilitam as tomadas de decisão, conforme Luciano Baldissarelli e Elton Fabro [2].



Na manutenção, o armazenamento de dados deve ser comum entre os diversos sistemas produtivos, pois este deve registrar todas as intervenções nos equipamentos, de forma a criar um histórico de manutenções. Com base nesse histórico, podemos observar padrões de peças de desgaste nos equipamentos, por exemplo, sendo essa informação altamente necessária para colaborar na manutenção preventiva.

Contudo, não é apenas a compatibilidade de comunicação entre os diversos sistemas produtivos que importa referir. Os SI devem ser também compatíveis com fontes externas às organizações, pois os SI podem permitir a troca de informações entre a organização e fornecedores, clientes, entre outros *stakeholders*.

Segundo Gilberto Perez e Isabel Ramos [12], um sistema organizacional retém “informações certas para as pessoas certas, no momento certo, na qualidade certa e no formato certo”.

Ao longo do tempo, as organizações ampliaram o seu tamanho. As organizações concentram os recursos humanos e tecnológicos para a produção de produtos ou serviços pois o mercado tem exigido a grande competitividade e uma obrigação de uma produção mais LEAN. Assim, as informações não podem estar centradas numa só pessoa. As tomadas de decisão são muitas vezes tomadas por equipas, em que estas necessitam de ter acesso tanto a um histórico como de dados atualizados. Desta forma, tornou-se inevitável a retenção de informações num computador, num servidor ou mais recentemente a uma *Cloud*.

Por outro lado, a quantidade de informação pode ser contraproducente uma vez que esta deve ser bem selecionada para que se torne útil.

A gestão da informação deve ser gerida de forma a evitar duplicação de ficheiros, a guardar informação que não será útil e que seja diferenciada a informação atual da informação passada.

### 4.3. Indicadores Chave de Desempenho

Os *Key Performance Indicators* (KPI) são indicadores de desempenho que visam a recolha de dados que apoiam os gestores nas tomadas de decisão. São através destes que se monitorizam a organização e os seus departamentos que, através de metas e objetivos a alcançar, podemos definir se os resultados globais ou de um só processo estão a melhorar ou piorar. Com estes indicadores, qualquer tomada de decisão pode ser avaliada posteriormente, criando também um histórico para a manutenção e melhor desempenho futuro.

De acordo com Diego Augusto de Jesus Pacheco, Marcos Martins, com um mercado cada vez mais competitivo torna-se evidente que as organizações procuram a necessidade de redução do desperdício, dos custos e aumento na eficácia das ações juntos aos objetivos estratégicos de qualidade da empresa, conforme afirma Diego Augusto de Jesus Pacheco e Marcos Martins [13].

Contudo, não basta recolher todos e quaisquer dados da organização. Os KPI devem ser criados consoante os objetivos e metas que a organização queira medir e alcançar. Ou seja, KPI são desnecessários se não importa medir, se não for criado uma meta, se não for ao encontro dos objetivos da organização. A escolha dos KPI deve ser criteriosa, simples de interpretar, fácil de recolher, preciso na medição e medido em tempo real. Após a seleção destes, podem ser criados *Dashboards* para que facilite a interpretação dos dados, seja através de gráficos ou outras formas interativas.

No que respeita a manutenção, podem existir diversos KPI que monitorizam a organização onde incide diretamente com os seus resultados. A disponibilidade dos equipamentos, a eficiência do processo, o tempo de paragem ocorrido durante a produção, entre outros, são exemplos que podem ser recolhidos e trabalhados de forma a manutenção atuar numa perspetiva proativa e maximizar os recursos e a potenciar o desempenho da empresa onde se insere. Em Portugal, os KPI seguem as linhas de orientação através da NP EN 15341:2009 [14].

Num sentido mais prático, se houver um bom planeamento na manutenção preventiva, a disponibilidade dos equipamentos nos tempos de produção aumenta. Pelo contrário, se não houver uma manutenção eficiente, o tempo de disponibilidade das máquinas diminui, uma vez que irá previsivelmente ocorrer mais falhas/avarias.

Os indicadores são um rácio, cujo valores absolutos através dos quais se pretende quantificar resultados da atividade. Estes são vistos normalmente numa percentagem, para que se consiga analisar de uma forma mais perceptível já que são grandezas comuns a todos os níveis.

Conforme Flávio André Almeida Inocêncio [5], entre os indicadores de desempenho mais usados nas organizações estão:

- Disponibilidade operacional: Onde se compara o tempo de funcionamento com o tempo disponível (incluindo manutenções e paragem).
- Custo da manutenção na produção: Onde se divide o custo da produção pelo custo da manutenção.
- Custo da manutenção por unidade: Sendo o custo da manutenção no numerador e o número de peças produzidas no denominador.
- Índice de desempenho: traduzindo-se nas peças efetivamente produzidas sobre o número de peças produzidas estimadas numa cadência ótima.

## 4.4. Internet das Coisas

A *Internet of Things* (IoT) tem vindo a evoluir muito nas última duas décadas. Este tema tem sido impulsionado com a facilidade de comunicação entre pessoas, máquinas e informação. A segurança dos dados e os protocolos de comunicação foram implementados em todo o mundo para uso particular e nas organizações.

A interação entre pessoas e máquinas tem sido fundamental para a própria indústria 4.0, pois os dados gerados pelas máquinas são guardados e disponibilizados para uma melhor gestão de todos os ativos da empresa. Estes dados podem ser monitorizados ao segundo, potenciando uma tomada de decisão e reação muito mais assertivas, segundo Gustavo Perri Galeale, Érica Siqueira, Carolina Bertolucci Hilário e Silva e Cesar Alexandre de Souza [15].

No entanto, uma forma de evolução da IoT tem sido utilizada também para uma reação automatizada, onde os próprios equipamentos e processos reagem e tomam decisões de forma a maximizar o desempenho, afirma Débora Aquarone e Charley dos Santos Luz [16]. Esta reação tem por base uma adaptação ao sistema onde estão inseridos os equipamentos, por meio de instruções dadas por modelos e análises, como forma de reação de eventos no processo.

Para a manutenção, a IoT pode trazer uma grande mais valia, uma vez que os próprios equipamentos podem gerar dados como o tempo de utilização, tempo de paragem, cadência na produção, avarias ou outros dados onde possam gerar alertas para a manutenção, de acordo com Alberto Luiz Albertin e Rosa Maria De Moura Albertin [17].

## **4.5. Proteção de Dados**

Não é por acaso que o tema proteção de dados vem a seguir ao tema “*Internet of Things*”. Num mundo onde cada computador e equipamento está ligado em rede é fundamental que os dados estejam apenas disponíveis para os efeitos pretendidos.

A Indústria 4.0 potenciou que o próprio mercado se tornasse mais competitivo. No entanto, as tecnologias e estratégias para que as indústrias produzam cada vez mais com custos cada vez mais baixos despertou a curiosidade dos concorrentes.

Todas as organizações sabem a importância que tem os seus dados, bem como não divulgar os mesmos. Os dados podem ser quantidades em stock, custo de matérias primas, preços do produto final, custo de equipamentos, custo de ordenados, custo de energia, custo de pessoal, eficiências dos processos, entre outros.

Assim, como referência internacional, foi criada a norma ISO 27001:2013, de acordo com Ana Vieira e Maria Isabel Sousa [18], como guia de implementação, operação, monitorização e gestão de um sistema de gestão de segurança da informação.

Desta forma, a norma permite que sejam adotados requisitos, os processos e controlos para minimizar o risco, bem como permite que seja implementada em cada departamento da organização. Podemos também assumir que uma organização com a norma implementada gera mais confiança para as suas parcerias e negócios.

## **4.6. Software de Apoio à Gestão**

### **4.6.1. Conceitos**

Uma vez que o mercado está cada vez mais competitivo, onde a automatização dos processos produtivos é cada vez mais uma realidade na indústria, a própria gestão dos recursos deve também adaptar-se e adotar uma nova postura face às novas realidades emergentes. Assim, surge a necessidade de implementar *softwares* dedicados ao apoio da decisão.

O objetivo destes *softwares* são:

- Maior produtividade: Uma vez que se automatiza os processos na cadeia de valor;
- Maior eficiência: Devido à facilidade de comunicação desde o aprovisionamento à expedição;
- Menos custos operacionais: face à otimização da capacidade de produção instalada;
- Maior qualidade: devido à eliminação de inconformidades;

Os softwares de apoio à gestão são amplamente implementados nos diversos setores de negócio, sendo eles na área da contabilidade, comercial, recursos humanos e industrial.

Os *softwares* de gestão estão, maioritariamente, disponíveis por módulos, ou seja, cada organização implementa o módulo que se adequa às suas necessidades. As necessidades de cada organização variam consoante a dimensão da empresa, o tipo de produto, o tipo de produção, entre outros fatores inerentes.

Estes *softwares* são maioritariamente de entidades prestadoras de serviços, ou seja, as organizações possuem o apoio à gestão com os programas através de licenças de utilização dos mesmos. No entanto, existe indústrias que desenvolvem os seus próprios programas de apoio à gestão, de forma a minimizar estes custos. No entanto, não só o desenvolvimento destes *softwares* acarreta um custo como também a implementação dos mesmos.

Na fase da implementação de um *software* de gestão é comum haver uma formação inicial para os utilizadores desta ferramenta. Assim, estuda-se soluções e adaptam-se os programas à realidade de cada organização.

Para a escolha de um *software* de gestão, não basta olhar para dentro de uma organização. O software utilizado na cadeia de valor, desde o fornecedor ao cliente, tem um peso significativo na sua seleção. A compatibilidade de informação e pedidos entre fornecedores e clientes é relevante pois evita a aglomeração de dados e o erro em aquisição destes. Desta forma, pode torna-se necessário verificar os softwares utilizados nos parceiros de negócios para evitar custos com tratamentos de dados.

#### 4.6.2. *Softwares de Gestão na Manutenção*

No que concerne aos softwares de gestão, na área de produção, dispõem também de um módulo referente à manutenção de equipamentos. Este módulo potencia uma boa gestão pois este apresenta vantagens, tais como:

- Possibilita o acesso à informação através de uma *Cloud* acessível em qualquer parte do mundo bastando para isso ter um equipamento com acesso à internet. Em Portugal, apenas 13% das organizações tem acesso à informação através da *Internet* (dados de 2017).
- Permite registos de ativos com códigos QR ou código de barras.

Tal como qualquer *software* de apoio à gestão, um dos objetivos para a implementação destes programas prende-se com a redução de custos e otimização de resultados. No caso da manutenção, este modulo pretende aumentar o ciclo de vida dos equipamentos através da implementação de uma estratégia de manutenção preventiva, de forma a gerir a calendarização, ordens de trabalho (OT), gestão de equipas, entre outros. Adicionalmente, este permite ainda controlar todo o fluxo de manutenção de equipamentos em tempo real.

Um dos softwares mais conhecidos e amplamente implementados nas organizações industriais é o Primavera [19], onde o modulo de manutenção de equipamentos deste, cria relatórios simples e interativos, usando *dashboards* dos dados em tempo real, relativamente aos ativos, trabalho, custos, tempo e gestão de peças de substituição.

O Primavera apresenta como clientes a Guylian, Iberdrona, Nestlé, Mitsubishi, entre outros. Em Moçambique, por exemplo, o Primavera tem 48% (tendo o segundo concorrente deste tipo de *softwares* 21% do mesmo mercado) da cota de mercado das organizações que têm um software de gestão, sendo também um dos maiores fornecedores a nível mundial.

A SAP [20] é também um *software* muito utilizado entre as organizações, onde tem como clientes a IBM, HP, Fujitsu, Wurth, Samsung, entre outros.

Outro exemplo de software de apoio à gestão é o PHC CS [21] onde está implementado em empresas como, por exemplo, ROCA, Sumol+Compal, Robbialac, MAN, Citroen, entre outros.

O Sage [22] também é um software de apoio à gestão, oferecendo diversas soluções adaptáveis às necessidades de cada organização. O Sage está implementado em mais de 400.000 empresas em todo o mundo.

No que respeita ao *software* disponibilizado pela Aquasis [23], este apresenta soluções semelhantes aos restantes, no entanto, este foca-se nos sistemas de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos sólidos. Assim, a Aquasis conta como clientes, por exemplo, a Simarsul, as Águas de Portugal, Águas de Trás-os-Montes, Águas do Nordeste, Amarsul, entre outros.

#### 4.6.3. Outras Soluções na Manutenção

Dedicados à manutenção, existem módulos específicos dentro dos maiores fornecedores de software de gestão. Assim, o módulo da manutenção é uma expansão ao software comum existente numa organização, tirando desta forma inúmeras vantagens.

Os softwares de apoio à gestão agregam planos da manutenção preventiva, permitindo aos gestores saber as tarefas realizadas e as pendentes. Para além disso, também geram relatórios automáticos relativo às intervenções realizadas (com dados dos tempos de intervenção, tempos de espera da intervenção, peças utilizadas, etc) podendo, posteriormente, comparar e/ou encontrar um padrão entre as intervenções nos equipamentos ou semelhantes. Assim, estes softwares permitem reduzir custos eliminando tarefas administrativas e de controlo.

Porém, existe softwares que se dedicam apenas à gestão da manutenção. A Infraspark, Valuekeep, Outsmart, Manwinwin, Sistrade e a Glose, são exemplos de softwares de apoio à gestão da manutenção e são independentes ao software existente numa organização.

Qualquer que seja o *software* escolhido, este terá vantagens e desvantagens em relação aos outros. *Softwares* dedicados podem ser incompatíveis com o *software* já implementado na organização, no entanto, estes apresentam custos de implementação e licenças mais baixos. Também os dados extraídos podem ser lidos de uma forma diferente, pois *softwares* dedicados tratam a informação e gerem relatórios relativamente à manutenção, não tendo em consideração a produção. Exemplos disto, são organizações prestadoras de serviços para gestão de frotas.

Podemos assumir que o *software* a implementar na organização como apoio à gestão da manutenção varia, consoante a dimensão da empresa, o tipo de produção, o tipo de produção, entre outros fatores.

# Capítulo 5

## Gestão de Ativos

Neste capítulo iremos revelar alguns aspetos importantes para a gestão da manutenção, nomeadamente a gestão de ativos que tem sido desenvolvida nos últimos anos e que promove uma melhor gestão em todos departamentos de uma organização.



## 5.1. Gestão de Ativos

A gestão de ativos é um tema cada vez mais importante dentro das organizações. Esta gestão rege-se pelas Normas ISO 55000/1/2 (2014) [24] onde se distingue os seguintes tipos de ativos:

- Recursos Físicos;
- Recursos Humanos;
- Ativos de Informação;
- Ativos Financeiros;
- Ativos Intangíveis.

Processos de negócios, planos, sistemas de informação, políticas e diretivas devem estar alinhados para alcançar os objetivos requeridos, ao usar uma abordagem de sistema de gestão integrado, o sistema irá basear-se nos elementos de outros sistemas de gestão.

A ISO 55000:2014 afirma que uma abordagem de sistema integrado pode reduzir riscos e custos e melhorar a aceitação da nova abordagem do sistema de gestão ativos.

A gestão de ativos é um processo que envolve o equilíbrio entre os diversos setores como os custos, riscos, oportunidades, benefícios de desempenho, entre outros, visando a otimização de recursos. Posto isto, deve ser seguido um conjunto de práticas para ser possível às organizações inventariar, registar e avaliar os ativos. Neste contexto, as normas ISO 55000:2014, ISO 55001:2014 e ISO 55002:2014 “definem um conjunto de princípios, orientações e requisitos que, ao serem implementados e mantidos, permitem garantir o bom desempenho de gestão dos ativos de uma organização, assegurando a criação e a manutenção de valor”, afirma Tiago Nuno Raposo Cardoso [25]. Em suma, um sistema de gestão de ativos eficiente irá ter como objetivo direcionar, coordenar e controlar as atividades de gestão de ativos, ou seja, permitirá um melhor controlo de risco e garantia de que os objetivos da organização serão alcançados.

As normas que apresentam os requisitos para um sistema de gestão de ativos incluem [24]:

ISO 55000 (2014) – Visão geral, princípios e terminologia;

ISO 55001 (2014) – Sistemas de Gestão – Princípios e requisitos;

ISO 55002 (2014) – Sistemas de Gestão – Orientações para a aplicação da ISO 55001.

## 5.2. Gestão de Ativos na Manutenção 4.0

Uma vez ligada à gestão de ativos, a manutenção deve estar alinhada com as outras atividades da empresa. Assim, para aplicação de uma manutenção preditiva ou preventiva, evidencia a capacidade de gestão uma vez que esta irá reagir atempadamente às OT de forma a serem planeadas em tempo útil, ou seja, fora do tempo de produção.

Tal como refere Lúcia Manuela Leite Ferreira [26], as atividades da empresa devem estar sincronizadas entre os diversos departamentos onde, respeitando as diretrizes estratégicas da organização onde se insere, é possível perceber a eficiência que cada departamento pode ter dentro de uma organização uma vez que partilha os mesmos dados com os restantes sectores da empresa. Estes dados podem ser KPI, tempos, custos, inventários, entre outros.



Figura 5.1 - Planeamento e Preparação da Manutenção (Segundo Lúcia Manuela Leite Ferreira [26])

Na manutenção, no que concerne à gestão de ativos, está diretamente ligada à gestão de ativos físicos. A manutenção tem um papel fundamental nas infraestruturas e equipamentos onde visa à conservação, colocação dos parâmetros originais, melhoramento, cumprimento dos requisitos da produção e produto, entre outros, de forma a maximizar o desempenho da organização.

Um ativo físico é um equipamento ou infraestrutura que visa a rentabilidade da organização. Estes representam um custo de aquisição, no entanto, são um valor patrimonial no inventário da organização onde se insere. Ao longo do tempo, estes sofrem uma depreciação.

Os custos dos ativos na produção necessitam abordagens de manutenção baseadas na confiabilidade que são capazes de fornecer os níveis necessários de disponibilidade, facilidade de manutenção, segurança, qualidade, considerando o ciclo de vida de cada equipamento.

Os ativos físicos tendem a desgastar-se com tempo de utilização. É neste ponto que a manutenção tem um papel fulcral para o desempenho da organização, pois esta tem como objetivo prolongar o ciclo de vida do equipamento, mantendo ou otimizando as funções requeridas inicialmente, segundo Filipe Didelet [27].

Conforme apresentado na Figura 5.2 – Ciclo de Vida de Um Ativo, o ciclo de vida de um equipamento é assumido por o tempo desde a concepção, o fabrico, a instalação, a exploração e o abate desse equipamento. Assim, a manutenção tem como objetivo prolongar o tempo de exploração para que este possa operar em todas as suas funcionalidades o máximo de tempo possível, de acordo com Rui Coutinho [28].

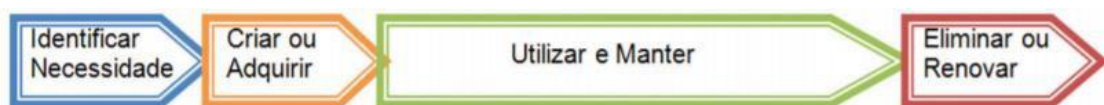


Figura 5.2 - Ciclo de Vida de Um Ativo (Segundo Rui Coutinho [28])

Desta forma a gestão de ativos tem um papel fundamental no que respeita à aquisição de equipamentos. Numa ação reativa à aquisição, a gestão de ativos preocupa-se não só com o custo do equipamento como também do custo da manutenção necessária para manter os níveis e requisitos da produção. Numa forma ativa, esta monitoriza e aborda novas práticas para desenvolver e manter a organização competitiva, afirma Russell William Sinclair Coelho [29].

Embora a gestão de ativos não seja uma matéria recente nas organizações, esta tem vindo a sofrer evoluções ao longo do tempo. A necessidade de adaptação às frequentes mudanças das organizações, tornou evidente o desenvolvimento de novas práticas e estratégias de gestão de ativos. Por um lado, a necessidade de evoluir para tornar a organização competitiva no mercado onde se inserem, por outro, a necessidade de serem as primeiras a adotar novas práticas para ganhar mercado face à concorrência, conforme Maria de Fátima Silveira Machado [30].

A gestão de ativos procura responder às necessidades da organização, desde a aquisição de novos equipamentos ao abate dos mesmos, respondendo de uma forma eficaz e precisa de todos os custos associados ao ciclo de vida do ativo. No entanto, numa ótica de produção e como boa prática na manutenção 4.0, é relevante monitorizar os KPI de eficiência dos equipamentos, disponibilidade de equipamentos, tempo médio entre avarias, entre outros.

Posto isto, a manutenção 4.0 relaciona-se também com a gestão de ativos por procurar ser proativa na procura de falhas dos equipamentos, antes destas ocorrerem, procurando responder previamente com as intervenções necessárias à reposição dos parâmetros originais do equipamento, de forma a não comprometer os tempos produção. Ou seja, a estratégia de manutenção pode ser mais eficaz e obter benefícios para a organização por esta obter um custo mais competitivo.

Tal como nos softwares de apoio à gestão, onde as organizações podem desenvolver os próprios programas ou subcontratar (através de licenças de utilização), também a manutenção dos ativos físicos pode ser feita pela formação de uma equipa de manutenção dentro das organizações. No entanto, algumas empresas industriais subcontratam as equipas de manutenção através do *outsourcing*.

Com a globalização, as tecnologias de informação e a facilidade de recolha de dados, o *outsourcing* tornou-se uma estratégia organizacional. Embora seja uma prestação de serviços, a vantagem apontada para esta estratégia incide na redução de custos, flexibilização e otimização da utilização dos recursos internos. Esta permite ainda aumentar os conhecimentos técnicos, concentrar os seus recursos na produção, melhorar o desempenho e retirar vantagens competitivas pelo contacto com outras entidades. No entanto, a subcontratação só é eficaz se esta não implicar numa redução da qualidade e desempenho operacional. Posto isto, as organizações que recorrem ao *outsourcing* para a manutenção dos seus ativos devem garantir os níveis de controlo, segurança e disponibilidade operacional.

Seja aplicada a manutenção aos equipamentos por uma equipa de técnicos da organização ou através de *outsourcing*, ambas as estratégias devem estar devidamente identificadas aquando da aquisição de equipamentos. Só com os dados todos reunidos podemos quantificar o custo do ciclo de vida do ativo. Este custo engloba o custo inicial de aquisição, o custo de operação, manutenção e abate, afirma David José Araújo Borlido [31].

Desta forma, podemos assumir que a diferença entre a gestão de ativos e a gestão da manutenção é que a primeira incide em todo o ciclo de vida de um ativo, sendo que a gestão da manutenção é focada apenas no prolongamento do ciclo de vida na fase de operação.

O papel da manutenção é difícil de quantificar numa organização, no entanto, cada vez mais tem-se evidenciado devido às quantidades produzidas pelos equipamentos e tecnologias mais recentes. Quanto mais necessário o tempo operacional dos ativos físicos, mais necessário será uma boa gestão da manutenção.

A manutenção 4.0 numa organização é dinâmica e varia consoante os equipamentos, a taxa de utilização dos equipamentos, os objetivos da empresa, custos de não produção, eficiência dos equipamentos, entre outros. Por esse motivo, uma boa gestão da manutenção leva a custos mais baixos para a empresa onde se insere.

# Capítulo 6

## Fábrica Inteligente

Este capítulo irá demonstrar a forma como a 4ª revolução industrial está a gerar novos conceitos de fabricação. Estes conceitos reúnem aspetos chave para a otimização da produção, redução de custos, entre outros fatores que irão de acordo com a gestão estratégica das organizações.

## 6.1. Conceito

O conceito de uma *smart factory* incide sobre as tecnologias que nela operam. A automatização, a robótica, a redução de buffers, a facilidade de comunicação, entre outros, são a base do fundamento do que é uma *smart factory*.

Como podemos observar no capítulo 4, com o desenvolvimento dos SI, a facilidade com que se obtém informação é crucial para as tomadas de decisão. Também a segurança dos dados e a análise em tempo real com a produção torna evidente a importância da existência de um SI nas organizações.

Com o recurso aos CPS as fábricas estão cada vez mais automatizadas onde os equipamentos e processos estão ligados entre si. De acordo com Victor Bittencourt Lima [32], a relação entre os SI e a IoT tornou possível também as máquinas reagirem de forma a otimizar a produção. Por exemplo, a próprio aprovisionamento pode ser automático entre a procura, o WIP (Work In Process) e a oferta.

As novas formas de colaboração e parcerias, irão transformar o modelo operacional na conversão num modelo digital. O chão de fábrica irá necessitar de recursos humanos com novas competências, por exemplo, ao invés de um empregado operar uma só máquina, este terá de gerir diversos equipamentos com recurso a um computador.

A fábrica inteligente é um ambiente sensível que pode lidar com turbulências na produção usando estruturas de informação e comunicação descentralizada para uma adaptação nos processos de produção.

A disponibilidade de informação dos processos em tempo real traduz num tempo de reação à tomada de decisão com uma maior previsão. Tal só é possível pelos CPS da organização, onde são gerados gráficos em *dashboards* para uma melhor análise crítica e intuitiva. Estes *dashboards* podem ter como inputs o número de vendas, diversos KPIs, sensores, número de encomendas, custos, entre outros fatores inerentes à gestão da organização, conforme Dong Sun, Renfei Huang, Yuanzhe Chen, Yong Wang, Jia Zeng, Mingxuan Yuan e Ting-Chuen Pong [33].

No entanto, a informação duplicada, bloqueios de software, mau funcionamento do *hardware* e questões como a segurança dos dados são fatores preocupantes para a implementação destes novos processos nas organizações, tal como refere Bjorn Hackel, Florian Hansch, Michael Hertel e Joch Ubelhor [34].

## 6.2. Caracterização de uma Organização para Criação de Cenários de Implementação de Manutenção 4.0

Para implementar corretamente a gestão da manutenção numa Indústria 4.0, é necessário conhecer alguns fatores de forma a adaptar a sua gestão ao tipo de organização. Como visto anteriormente, a gestão da manutenção pode ser diferenciada dependendo do tipo de produtos, tipo de produção, evolução tecnológica, formação do pessoal que opera os equipamentos, entre outros.

Para a simulação de uma implementação da gestão da manutenção na indústria 4.0 é criado um cenário de uma indústria que, apesar dos dados serem fictícios, são próximos de uma organização em contexto real. O cenário retrata uma indústria onde foram selecionados os seguintes aspetos:

- A organização produz componentes automóveis desde que foi fundada em 1994, mais concretamente volantes;
- A produção anual de volantes é de 3,396.000 unidades, divididos em 4 clientes.
- Atualmente conta com 241 colaboradores, divididos em 161 operadores, 43 técnicos e 38 engenheiros. Os colaboradores são divididos aproximadamente em 50% no primeiro turno e 25% em cada turno posterior;
- As linhas de produção implementadas no chão de fábrica têm um nível alto de automatização e robotização;
- A organização trabalha 24 horas por dia, de segunda a sexta, divididos em 3 turnos de 8 horas;
- O primeiro turno é considerado o “turno principal”, onde ocorrem mais *setups* às linhas de produção e onde a taxa de utilização dos equipamentos são maiores. O segundo e terceiro turno são de apoio ao primeiro turno, uma vez que estes têm como função principal acabar a produção diária solicitada pelos gestores.
- A organização já utiliza um *software* de apoio à gestão da produção, porém, este ainda não recolhe e armazena dados da manutenção.



### **6.3. Cenário 1 – Simulação de Implementação da Gestão da Manutenção da Indústria 4.0 com uma Equipa da Organização**

Agregada à organização caracterizada no ponto 6.3, uma vez que já foram discriminados os aspetos fundamentais para a caracterização de uma Indústria 4.0, é fundamental perceber se a evolução dos equipamentos cumpre os requisitos para implementar-se uma medida centralizada de informação.

Para cada modelo de volante, sabemos que para cada produto novo são adquiridas linhas de produção novas ou reconfiguradas linhas antigas para que cumpram os novos requisitos dos clientes. Desta forma, para a implementação da Manutenção 4.0 é crucial que os ativos físicos estejam ligados em rede, para que os dados possam ser registados e monitorizados em qualquer parte do mundo.

Conforme o ponto 5.2., foi possível observar no que se refere aos equipamentos, de uma forma reativa à organização da manutenção, devem obter-se todas as informações disponíveis a partir dos fornecedores, nomeadamente para o estabelecimento de rotinas de manutenção preventiva, para que seja possível rastrear os equipamentos com técnicas não invasivas e que não interrompam a produção. Esta técnica tem como objetivo minimizar o risco de interrupção do tempo de produção prevendo antecipadamente que avarias podem ocorrer mediante as condições de utilização.

Segundo o ponto 4.3, é importante que sejam criados os KPIs que vão ao encontro dos objetivos da organização. Assim, podemos criar *dashboards* de fácil interpretação dos dados que facilitem as tomadas de decisão de forma responder e tornar a organização mais competitiva. Torna-se evidente que a recolha de dados deve ser feita em tempo real para que a organização consiga reagir atempadamente e atuar mediante os dados atualizados.

Dado que o volume de produção diário é na ordem dos milhares, o tempo de disponibilidade operacional deve ser o máximo possível. Assim, é importante implementar uma manutenção preditiva ou preventiva. A decisão de qual o tipo de manutenção a adotar recai sobre o próprio equipamento tendo em conta o tipo de utilização, a criticidade, a idade do equipamento e os custos. No entanto, podem ser feitas análises custo-benefício para conhecer e selecionar a manutenção que mais se adequa à organização.

Também o tipo de manutenção varia consoante os KPI definidos pela gestão de topo da organização. Os KPI têm implicações diretas sobre o tipo de manutenção a adotar uma vez que se deve também ter em conta os custos e tempos de manutenção. Achar um ponto ótimo para a intervenção de cada equipamento é um desafio constante na manutenção, porém, a abordagem pode ser simplificada com matrizes de referência entre intervenções e análises de condição de utilização dos equipamentos.

Assim, fica claro que quanto mais cedo se detectar uma potencial falha, mais tempo teremos para planejar as intervenções necessárias fora do tempo operacional. No entanto, se por lado o custo de manutenção de um equipamento em tempo de produção é elevado, por outro, a manutenção bastante previa desse equipamento também suporta custos altos.

Conforme afirmado por Luciano Baldissarelli e Elton Fabro [2], como metodologias adotadas nas manutenções dos equipamentos, deverão ser feitas medições de parâmetros ao nível de componentes, máquinas e sistemas de produção onde estas devem servir para fornecer dados e preencher tabelas de referência de forma a construir modelos de previsão da condição do equipamento de forma a sincronizar a manutenção com opções de planeamento de produção e logística. Assim, é possível também criar metodologias e ferramentas para agendar atividades de manutenção em conjunto com atividades de produção. As tabelas de referência devem conter os valores medidos através da eficiência do equipamento ou outros métodos não invasivos (que não interrompam a produção), apresentar os intervalos de valores aceitáveis, por outro lado, devem conter também o que fazer, qual componente substituir, que lubrificante utilizar, que cuidados de segurança devem ser cumpridos, entre outros fatores que estão inerentes ao valor medido.

De acordo com o ponto 4.6, deve ser selecionado um software de apoio à gestão na manutenção, onde tenha funcionalidades, tais como, a criação de um relatório de intervenções a cada equipamento. Este passo é importante na medida em que é criado um histórico de intervenções ao longo do tempo. Contudo, é igualmente importante que esse registo tenha a qualidade suficiente para que nele se possam suportar os estudos de fiabilidade que se entendam necessários de modo a que se possam obter previsões sobre o futuro funcionamento de um dado equipamento. Os dados permitem-nos conhecer também os intervalos de tempo entre intervenções, o tempo de reparação, os *spares* necessários, entre outros dados cruciais para a gestão da manutenção.

Para análise mais pormenorizada, são muitas vezes utilizados modelos matemáticos integrados nos estudos de fiabilidade dos equipamentos, deste modo, permite uma melhoria significativa na gestão da manutenção, nomeadamente na diminuição dos custos.

Após estas medidas, cabe à gestão da manutenção tentar cumprir os objetivos da organização implícitos nos KPI, otimizando os resultados da empresa onde se insere, definindo a estratégia e tipo de manutenção a adotar.

## **6.4. Cenário 2 – Simulação de Implementação da Gestão da Manutenção da Indústria 4.0 com a Subcontratação de uma Equipa de Manutenção**

Dada a caracterização da organização do ponto 6.3, o tipo de manutenção a implementar e os equipamentos da produção podem ter especificidades diversas o que dificulta a própria gestão. Os objetivos e metas definidas dos KPI variam de organização para organização, pois através destes os gestores procuram sempre a sustentabilidade e melhoria contínua de todo o processo produtivo e por esse motivo não podem ser esquecidos na manutenção.

Também como referido anteriormente no ponto 4.2, é crucial a recolha e tratamento de dados para que sejam tomadas as medidas necessárias às boas práticas da gestão da manutenção. No entanto, a seleção de dados a recolher, a forma como são recolhidos, a medição em tempo real, o tratamento de dados, a interpretação e exposição dos mesmos, entre outros, são muitas vezes fatores que desmotivam e dificultam a implementação da manutenção. A recolha de dados é um fator chave na manutenção, pois não só permite a monitorização do estado dos equipamentos como permite a criação de um histórico para previsão de manutenções futuras.

Tal como se pode observar no ponto 4.6, a criação de um software de apoio à gestão pode ser feita pela própria organização ou subcontratada (através de licenças de utilização). Comparativamente, uma estratégia que as organizações podem adotar é a subcontratação de uma equipa de manutenção. Esta estratégia deve assentar não só com base nos custos para a organização, mas principalmente pelas vantagens que esta estratégia pode trazer, uma vez que também a responsabilidade da gestão manutenção pode ser passada a outra organização.

Apesar das organizações mudarem entre si, não só a nível dos produtos como também dos processos, os equipamentos são muitas vezes semelhantes. Posto isto, as vantagens da subcontratação recaem sobre a experiência de cada empresa subcontratada, ou seja, as estas dedicam-se às manutenções nas diversas indústrias e reúnem muitos dados que, por sua vez, podem aplicar e melhorar os seus procedimentos nas intervenções. Estas empresas respondem com maior facilidade à redução de tempo de intervenção, mais eficácia nas manutenções, entre outros.

Porém, esta estratégia não é a única que pode ser adotada. Existe ainda a possibilidade de reunir diversas organizações para o efeito de manutenção industrial. As *Joint Venture* trazem experiência, conhecimentos e dados dos equipamentos de outras organizações que serão aplicadas de forma a tirar a melhor vantagem nas parcerias. As parcerias de diversas empresas relativamente à manutenção, podem ser divididas entre partes mecânicas, elétricas, pneumáticas, hidráulicas, automação, visão artificial, etc. No entanto, cabe ao conjunto destas a monitorização dos equipamentos através da recolha de dados, as intervenções e planeamento das mesmas, à elaboração de relatórios, entre outros.

Seja qual for a estratégia para organização da manutenção, esta visa o prolongamento da vida útil de cada equipamento, garantindo a produção com a qualidade requerida e eficiência em todo o seu processo. No entanto, a subcontratação responde a diversas exigências pois a formação dos técnicos para operar, manter ou melhorar as características dos equipamentos são cruciais e muitas vezes desvalorizadas pelas organizações que mantêm o seu foco apenas na produção. Desta forma, a organização só tem de se preocupar com a recolha e tratamento de dados para que as empresas subcontratadas possam operar com a melhor eficiência na manutenção dos seus ativos.

# Capítulo 7

## Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste projeto podemos concluir que foram cumpridos os objetivos iniciais pois contribuiu com um estudo relativo à evolução da indústria 4.0 onde é focada a manutenção e, por sua vez, esta tem a intenção de responder aos desafios impostos pela Indústria 4.0.

Com a Indústria 4.0, os processos de fabrico tornaram-se sincronizados entre si, segundo protocolos de comunicação partilhados na mesma base de dados. Esta 4ª revolução diminuiu os tempos de produção, ou seja, conseguimos produzir mais no mesmo tempo disponível. Podemos também assumir que a Indústria 4.0 tornou a cadeia de valor mais autónoma e dinâmica.

Neste projeto pode concluir-se que é de extrema importância a estratégia da organização estar alinhada com a gestão da manutenção. Esse alinhamento estratégico pode ser feito de diversas formas, contudo, os KPI traduzem com clareza a visão e objetivos da organização no que se refere à eficiência dos equipamentos, custos de produção, qualidade, flexibilidade, entre outros.

Uma vez que a manutenção está inerente a custos, revelou-se os fundamentos para uma gestão de manutenção mais eficiente de forma a encontrar o ponto ótimo para o investimento na manutenção, pois esta interfere diretamente com a disponibilidade dos equipamentos em tempos operacionais bem como a qualidade dos produtos.

Assim, a gestão da manutenção é um elemento chave nas organizações pois visa maximizar a eficiência dos equipamentos bem como diminuir os tempos de paragem por avaria durante a produção.

Para auxiliar a gestão da manutenção, é essencial a implementação de um sistema de informação interligado com o ERP da organização. Os KPI devem ser registados de forma a criar um histórico e ligados em rede para medições em tempo real. Porém, estes não servem só para medir, os KPI são responsáveis por monitorizar e apoiar as tomadas de decisão das organizações. Para cada KPI deve ser estabelecido um objetivo/meta alcançável. Também a gestão de ativos torna-se essencial na manutenção não só para a otimização da gestão do *hardware* e *software* implementado com as novas tecnologias como para a sincronização das atividades inerentes à organização. No entanto, para que as organizações se tornem competitivas, é fundamental proteger e gerir o risco desses dados serem divulgados.

Contudo, a gestão da manutenção pode ser auxiliada com softwares que se adaptam às organizações e moldam ao formato pretendido por cada gestor. No entanto, deve ter-se em conta a compatibilidade de softwares com a restante organização.

Seguidamente demonstraram-se as novas tendências da Indústria no que respeita às *Smart Factory*. Estas visam ganhar autonomia nos processos bem como os equipamentos reagirem às variações da produção.

Ainda neste projeto foi possível caracterizar uma organização e implementar as boas práticas de uma gestão da manutenção num contexto real aplicando dois cenários possíveis. O primeiro cenário retrata a implementação de uma gestão da manutenção na Industrial 4.0 com uma equipa de manutenção da própria organização. O segundo cenário refere-se a uma estratégia organizacional que passa pela subcontratação de uma organização ou pela subcontratação de uma *Joint Venture*. Contudo, a comparação destes dois cenários para implementação em contexto real só é possível com mais dados como, por exemplo, os custos.

A simulação tem limitações devido à recolha de dados de uma determinada organização industrial, de modo que as sugestões propostas para a implementação de boas práticas da gestão da manutenção foram direcionada para um tipo de organização muito específico. Por fim, sugere-se como tema para investigações futuras, a recolha e tratamento de dados de diversas indústrias bem como tipos de produção diferentes, para que seja possível haver uma comparação de boas práticas de gestão da manutenção.

# Bibliografia

- [1] Santos, Leandro e Pacheco, Diego, “Determinantes Para O Alinhamento Entre A Gestão Da Manutenção Industrial E O Planejamento Estratégico,” *Revista Ingeniería Industrial*, Universidad del Bío-Bío, 2016.
- [2] Baldissarelli, Luciano e Fabro, Elton, “Manutenção Preditiva na indústria 4.0,” *SCIENTIA CUM INDUSTRIA*, vol. 7, pp. 12-22, 2019.
- [3] Duarte, Cícero Tadeu Tavares e Moura, Flávio Alves, “Fatores Críticos de Sucesso na Qualidade da Manutenção Industrial: O Caso das Indústrias de Teresina,” *Revista FSA*, Teresina, 2016.
- [4] Carvalho, Alex Luis e Menegon, Nilton Luiz Menegon, “A pertinência dos documentos prescritos nas atividades dos profissionais de manutenção industrial o caso de uma indústria automobilística,” *Gestão da Produção*, vol. 21, pp. 143-155, 2014.
- [5] Inocêncio, Flávio André Almeida, “Uma solução para a Manutenção Industrial na Indústria 4.0,” *Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica - Universidade de Aveiro*, 2017.
- [6] Ré, Mónica Sarabando, “Sistemas De Informação No Contexto Da Indústria 4.0: Uma Abordagem Lean Aos Fluxos De Informação Para O Cálculo De Indicadores,” *Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial - Universidade de Aveiro*, 2018.
- [7] Castro, Mário João Maia de Sampaio, “Gestão da Manutenção na Competitividade das PME do Sector Industrial Transformador Português,” *Tese de Mestrado em Gestão - Instituto Superior de Gestão de Lisboa*, 2013.
- [8] Soares, Fernando da Silva, “Introdução da Manutenção Preventiva Sistemática nos SASUC,” *Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial - Universidade de Coimbra*, 2015.
- [9] Norma Portuguesa NP EN 13306:2010 (2010), “*Terminologia da Manutenção*” – Instituto Português da Qualidade.

- [10] Lee, Jay, Bagheri, Behrad e Kao, Hung-An, “A Cyber- Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems,” *Manufacturing Letters*, vol. 3, pp. 18-23, 2014.
- [11] Chesworth, Daren, “Industry 4.0 Techniques as a Maintenance Strategy (A Review Paper),” Janeiro 2018. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/322369285\\_Industry\\_40\\_Techniques\\_as\\_a\\_Maintenance\\_Strategy\\_A\\_Review\\_Paper](https://www.researchgate.net/publication/322369285_Industry_40_Techniques_as_a_Maintenance_Strategy_A_Review_Paper). [Acedido em 22 Dezembro 2019].
- [12] Perez, Gilberto e Ramos, Isabel, “Memória organizacional ENTENDIMENTO DA GESTÃO INTEGRADA (ERP),” *JISTEM - Revista de Sistemas de Informação e Gestão de Tecnologia*, vol. 10, pp. 541-560, Julho 2013.
- [13] Pacheco, Diego Augusto de Jesus e Martins, Marcos, “Análise Da Sistemática De Gestão Dos Indicadores De Desempenho Na Indústria Automotiva,” *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 3, pp. 7-30, Julho 2015.
- [14] Norma Portuguesa NP EN 15341:2009 (2009), “*Manutenção. Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*” – Instituto Português da Qualidade.
- [15] Galegale, Gustavo, Siqueira, Érica e Silva, Carolina, “INTERNET DAS COISAS APLICADA A NEGÓCIOS – UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO,” *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, vol. 13, pp. 423-438, Setembro 2016.
- [16] Aquarone, Débora e Luz, Charley dos Santos “A CONECTIVIDADE E A ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO:,” *Revista Ciência da Informação*, vol. 4, pp. 24-38, Agosto 2017.
- [17] Albertin, Rosa Maria e Albertin, Alberto Luiz, “A Internet das Coisas Irá Muito Além das Coisas,” *GV EXECUTIVO*, vol. 16, Abril 2017.
- [18] Vieira, Ana e Sousa, Maria Isabel, “ISO 27001 Security Management Standard - Tese de Mestrado em Ciência da Informação,” 14 Dezembro 2009.



- [19] Primavera. [Online]. Available: <https://pt.primaverabss.com/pt/primavera/>. [Acedido em 02 Fevereiro 2020].
- [20] SAP. [Online]. Available: <https://www.sap.com/portugal/index.html>. [Acedido em 02 Fevereiro 2020].
- [21] PHC CS. [Online]. Available: <https://www.phcsoftware.com/solucoes/produtos/phc-cs/>. [Acedido em 02 Fevereiro 2020].
- [22] SAGE. [Online]. Available: <https://www.sage.com/pt-pt/>. [Acedido em 03 Fevereiro 2020].
- [23] Aquasis. [Online]. Available: <http://www.aquasis.pt/pt/>. [Acedido em 03 Fevereiro 2020].
- [24] European Committee For Standardization, “ISO 55000,” Internacional Standard, 2014.
- [25] Cardoso, Tiago, “Metodologias de Gestão de Ativos na perspetiva doprestador de serviços de manutenção,” *Tese de Mestrado em Engenharia de Produção - Instituto Politécnico de Setúbal*, p. 30, Novembro 2017.
- [26] Ferreira, Lúcia Manuela Leite, “Normalização da manutenção preventiva numa empresa de mobiliário,” *Tese de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial - Universidade do Minho*, Outubro 2014.
- [27] Didelet, Filipe, Sena, Francisco e Sequeira, Cláudia Dias, “Planeamento, Técnicas e Tendências da Manutenção,” Porto, Quântica Editora - Conteúdos Especializados, Lda, 2019, pp. 95-160.
- [28] Coutinho, Rui, “Gestão de ativos físicos aplicada às infraestruturas,” *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*, vol. 3, nº 4, pp. 113 - 118, 2017.
- [29] Coelho, Russell William Sinclair, “Aplicação do conceito de Gestão de Ativos Físicos numa Estação Elevatória de Águas - Tese de Mestrado,” Dezembro 2015.

- [30] Machado, Maria de Fátima Silveira, “Aplicação da Gestão de Ativos Físicos na Adega Cooperativa da Covilhã - Tese de Mestrado,” Junho 2016.
- [31] Borlido, David José Araújo, “Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção,” *Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica - Universidade do Porto*, Janeiro 2017.
- [32] Lima, Victor Bittencourt, “Contribuição de Lean Thinking para a implementação da Indústria 4.0,” *Tese de Mestrado em Engenharia Industrial - Universidade do Minho*, Outubro 2018.
- [33] Sun, Dong, Huang, Renfei, Chen, Yuanzhe, Wang, Yong, , “PlanningVis: A Visual Analytics Approach to Production Planning in Smart Factories,” *Transactions on Visualization and Computer Graphics* , vol. 26, pp. 579-589, Janeiro 2020.
- [34] Hackel, Bjorn, Hansch, Florian, Hertel, Michael and Ubelhor, Joch, “Assessing IT availability risks in smart factory networks,” Agosto 2018.  

[Online]. Available:

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40685-018-0071-5>.  
 [Acedido em 10 Janeiro 2020].